

渭北高原不同施肥方案土壤效应及 对再植苹果生长发育的影响

樊红科¹, 杜志辉², 吴岱彦³, 雷新乐⁴

(1. 石河子大学农学院园艺系, 新疆 石河子 832003; 2. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100;

3. 陕西赛众生物科技有限公司, 陕西 渭南 714000; 4. 渭南市植保站, 陕西 渭南 714000)

摘 要: 为了给通过施肥解决苹果连作障碍问题提供借鉴, 于 2006~2007 年在西北农林科技大学白水苹果试验站, 采用盆栽试验和大田试验, 研究了施用磷肥和抗重茬肥对土壤养分、微生物、土壤酶以及幼树根系活力、株高、叶面积的效应。结果表明: 施用 500 g/株抗重茬肥可以提高土壤有效养分和土壤酶, 改善土壤微生物群体结构, 促进植株生长, 与非连作幼树表现基本一致; 施用 250 g/株抗重茬肥、500 g/株和 1 000 g/株磷肥在减轻连作危害方面效果较好, 处理后多数测定指标都相对高于连作幼树对照, 但效应有限。综合考虑土壤效应和苹果生长因素, 老果园再植以施用 500 g/株用量的抗重茬肥可以部分解决苹果再植障碍问题。

关键词: 苹果; 连作障碍; 施肥效应; 磷肥; 抗重茬肥

中图分类号: S158.3; S661.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-7601(2009)01-0056-06

陕西渭北黄土高原地带是我国主要的优质苹果生产区域, 近年来, 本区域有大批果园将逐渐进入更新改建期, 由于耕地面积有限, 大多数都面临重茬再植问题。然而, 果树重茬容易发生再植病^[1~3], 主要表现为根系生长发育不良、植株矮小、叶呈莲座状、叶片小、新梢细短、结果迟、品质差、苗木死亡率高, 严重影响了老果园的就地更新, 制约着果园经济效益的提高。据报道, 在世界不同地区, 引起苹果再植病的原因非常复杂^[4~6], 既有生物因素, 如病原菌、病原线虫等, 也有非生物因素, 如土壤肥力、土壤结构、pH 值等。

现在普遍认为苹果再植病害的发病原因: 一是土壤中的病原物侵染; 二是苹果长期固定一地生长, 导致根际处土壤营养不平衡, 某些元素过量或个别元素缺乏; 三是老园中残存大量根系, 分解产生毒素^[7]。鉴于上述原因, 人们试图通过土壤消毒、生物防治、合理轮作、选育抗病品种及增补缺乏的矿质元素等途径解决这个问题。关于土壤消毒、抗性育种、接种 VA 菌根对克服苹果再植障碍的研究国内外相关报道很多^[8~11]。而对于通过施肥解决连作障碍问题的研究报道则很少见。

试验研究表明, 增补缺乏的矿质营养元素特别是一些不被人们重视的微量元素和有机肥, 可有效防止再植病害^[12, 13]。但多集中于农作物和蔬菜连

作障碍防治研究^[14~16]。其次, 已有研究表明有些果园通过施用磷酸盐肥料可有效地控制 ARD(苹果再植病)^[17, 18]。因此, 本文研究了施用磷肥、抗重茬肥对克服苹果连作障碍的效应, 以期通过施肥解决或部分解决苹果连作障碍问题提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验地点位于陕西省白水县, 该区位于关中平原与陕北高原的过渡地带, 全县平均海拔 850 m 左右, 属温带大陆性季风气候, 年均气温 11.4℃, 年均降雨量 577.8 mm。采样果园位于该县东北部的尧河镇尧河村, 主栽品种为 16 a 红富士, 株距 3 m, 行距 4 m, 土壤类型为黄绵土。

2007 年 3 月, 在采样果园按五点法取土, 每个点取 20~60 cm 土层土壤, 将采集的土壤混均进行盆栽试验。所选瓦盆口径和深度均为 42 cm × 30 cm, 统一埋在地下, 盆口离地面均为 10 cm, 盆四周用土夯实, 每盆装土体积一致, 离盆口 5 cm。盆栽幼树为长势一致的 3 a 生矮化红富士苹果苗, 栽植时, 将供试肥料与土壤搅拌混均栽植(未施氮肥)。然后浇足水保证苗木成活。

大田试验在西北农林科技大学白水苹果实验站进行。2007 年 3 月在挖走老树的重茬果园, 按照 3

收稿日期: 2008-04-20

基金项目: 陕西省科技攻关项目(2004k09-G2); 国家“十五”科技攻关项目(2001BA804A28, 2004BA516A10)

作者简介: 樊红科(1975—), 男, 陕西宝鸡人, 在读硕士, 主要从事果树生理生态研究。E-mail: fhk751014@126.com。

通讯作者: 杜志辉(1956—), 男, 陕西乾县人, 高级农艺师, 主要从事果树病虫害无害化防治技术研究与推广。E-mail: D3581@126.com。

$m \times 4 m$ 的株行距定点挖坑栽树,树坑直径 80 cm,深度 80 cm。再植幼树为长势一致的 3 a 生矮化红富士苹果苗,栽植时,将表土与供试肥料搅拌均匀进行栽植。由于干旱、无灌溉条件,未施氮肥,仅靠自然降雨量。

本试验所用磷肥为磷酸二氢钙、抗重茬肥为陕西赛众生物科技有限公司生产的赛众-28 特种配方肥。按产品说明,该肥是一种多种营养元素集合的固体矿肥,含钾、钙、镁、磷常量元素和锌、铁、硒、铜、锶、碘、氟、偏硅酸等十八种微量元素。

1.2 试验方法

试验在定位定株条件下设置 6 个处理,每处理 3 个重复,每重复 5 株,即每处理 15 株。处理 I: 250 g/株赛众-28 肥;处理 II: 500 g/株赛众-28 肥;处理 III: 500 g/株磷肥;处理 IV: 1000 g/株磷肥;处理 V: CK1(重茬土壤);处理 VI: CK2(麦田生茬土壤)。2007 年 3 月栽植苗木时,统一定干,病虫害防治按正常管理措施进行。2007 年 9 月开始观察记录生长发育状况,11 月采集土样,将不同处理每株土样分别标记,带回实验室进行测定。

1.3 土壤养分测定

土壤碱解氮含量用康惠皿扩散法;速效磷含量用 0.5 mol/L NaHCO_3 法;速效钾含量用火焰光度计测定;水溶性钙、水溶性镁用原子吸收光度法;有效铁、有效锌、有效锰用 0.5 mol/L DTPA 溶液浸提——火焰原子吸收光度法。具体参见《土壤农化分析(第 3 版)》^[19]。

1.4 土壤微生物和土壤酶测定

细菌、真菌、放线菌分别用牛肉膏蛋白胨培养基、马铃薯—蔗糖培养基(临用前按 0.3% 用量加入灭菌乳酸)、马丁氏培养基培养进行稀释分离,在 28℃ 下培养后进行计数,所有数据最后通过测定各自的土壤含水量换算成每克干土的含量^[21]。脲酶活性采用苯酚钠一次氯酸钠显色法测定,以 $\text{NH}_3 - \text{N}$ mg/(g·24h·37℃) 为单位;磷酸酶活性用磷酸苯二钠法,以酚 mg/(g·24h·37℃) 为单位;过氧化氢酶用 KMnO_4 滴定法,以 KMnO_4 ml/(g·24h·37℃) 为单位;具体参照关松荫的方法^[21]。

1.5 苹果生长生理指标测定

调查时期:2007 年 9 月 10 日前后,即新梢停止生长期开始测定生长生理指标。株高生长变量:直接测定;新梢生长量:每株选择所有当年生枝,测定其长度和粗度(统一离新梢基部 5 cm 处),然后求平均值;叶面积每株选正常发育枝中部叶片 20 枚,用叶面积仪测定;根活力:甲基蓝光电比色法(TTC

法)^[22]。

1.6 数据处理

测定数据用 SPSS11 软件进行差异性显著分析^[23]。

2 结果与分析

2.1 不同施肥方案对再植苹果土壤养分的效应

从表 1 可以看出,盆栽试验和大田试验处理 II (500 g/株 抗重茬肥) 和处理 VI(生茬土壤)土壤养分含量略高于其他处理,经方差分析和多重比较,其中速效钾和有效铁处理间差异不显著,水溶性钙、水溶性镁含量差异明显,但与生茬土壤差异不显著。说明抗重茬肥对土壤 Ca、Mg 元素贡献效应较大。磷肥处理碱解氮、速效磷明显高于其他处理,而且差异显著,但有效 Zn 明显下降。这是由于土壤中 P、Zn 元素之间存在互相拮抗的关系,磷肥处理抑制了土壤有效 Zn 的释放和转化。

2.2 不同施肥方案对再植苹果土壤微生物的效应

从图 1 可以看出,盆栽试验处理 II (500 g/株 抗重茬肥) 和处理 VI(1 000 g/株 磷肥)、处理 VI(生茬土壤)土壤细菌、放线菌数量相对较高,真菌数量相对较低。大田试验处理 III (500 g/株 磷肥) 土壤细菌数量与重茬土壤和生茬土壤比较,基本一致;真菌数量与重茬土壤明显高于其它处理,而对放线菌变化影响不大。由此可见,处理 III (500 g/株 磷肥) 土壤微生物与重茬土壤微生物数量变化一致,说明低磷处理没有改变土壤微生物种群结构。抗重茬肥和高磷处理土壤真菌数量明显减少,说明对真菌有拮抗作用。

2.3 不同施肥方案对再植苹果土壤酶的效应

脲酶是土壤氮循环的一种关键性酶,因此脲酶活性与土壤供 N 能力有密切的关系,对施入土壤氮的利用率影响很大。从不同施肥处理来看(图 2),盆栽试验土壤脲酶的活性:处理 VI>处理 II>处理 I>处理 IV>处理 III>处理 V。大田试验土壤脲酶的活性变化与盆栽试验变化基本相同。

磷酸酶可加速有机磷的脱磷速度,积累的磷酸酶对土壤磷素的有效性具有重要作用。盆栽试验和大田试验磷肥处理土壤磷酸酶活性相对较高,而抗重茬肥处理土壤磷酸酶活性相对较低(图 2),说明土壤中磷含量对磷酸酶的活性影响显著,抗重茬肥对土壤 P 元素贡献效应很小。

过氧化氢酶参与生物的呼吸代谢,同时可以解除在呼吸过程中产生的对活细胞有害的过氧化氢,它可以表示土壤净化能力的强弱。盆栽试验和大田试验

各处理的过氧化氢酶活性差异不大,抗重茬肥处理土壤过氧化氢酶活性相对高于其它处理(图 2)。

表 1 不同施肥方案对再植苹果土壤有效养分的效应

Table 1 Effect of application of fertilizer on effective soil nutrient

处理 Treatments		有机质 OM· (mg/kg)	碱解氮 Available N (mg/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)	水溶性钙 Available Ca (mg/kg)	水溶性镁 Available Mg (mg/kg)	有效铁 Available Fe (mg/kg)	有效锌 Available Zn (mg/kg)	有效锰 Available Mn (mg/kg)
盆栽试验 Regulated experiment	I	1.08 a	53.82 b	16.17 b	140.45 a	139.60 b	6.24 b	4.36 a	1.18 b	11.86 a
	II	1.24 b	54.54 b	18.50 b	147.36 a	145.97 b	6.91 b	4.69 a	1.26 b	13.54 b
	III	0.99 a	57.40 c	21.76 c	128.47 a	120.87 a	4.12 a	4.24 a	1.05 a	10.07 a
	IV	1.04 a	60.97 c	24.07 c	130.65 a	118.57 a	4.20 a	4.11 a	0.81 a	12.00 a
	V	0.91 a	32.33 a	12.73 a	135.95 a	117.92 a	4.06 a	4.20 a	0.96 a	11.19 a
	VI	1.17 b	45.51 b	16.85 b	131.67 a	137.92 b	5.34 b	5.03 a	1.32 b	14.41 b
大田试验 Un-regulated experiment	I	0.95 b	45.83 a	14.8 a	128.41 a	138.51 b	5.39 b	4.76 a	1.31 b	13.51 b
	II	1.04 b	48.16 a	15.27 a	134.73 a	144.67 b	5.83 b	5.04 a	1.38 b	14.29 b
	III	0.98 b	51.32 b	18.64 b	137.01 a	120.94 a	4.21 a	4.15 a	1.05 a	11.62 a
	IV	0.85 a	57.01 b	21.05 b	127.94 a	124.61 a	4.59 a	4.63 a	0.97 a	12.84 a
	V	0.83 a	42.28 a	12.94 a	134.67 a	116.42 a	4.37 a	4.31 a	1.16 a	12.15 a
	VI	1.06 b	47.66 a	14.37 a	124.05 a	136.58 b	5.29 b	4.87 a	1.47 b	15.67 b

注:同一列中不同字母者表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Different letters in the same column mean significant difference($P<0.05$).

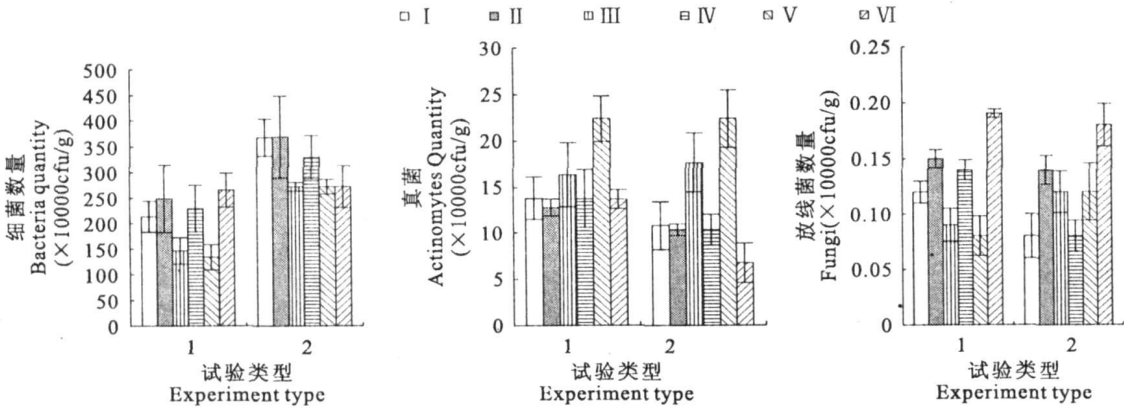


图 1 施肥对土壤微生物的效应(图中垂直线代表标准差)

Table 1 Effect of application of fertilizer on soil microbe quantity (The vertical bar shows the standard deviation)

注(Note): 1. 盆栽试验(Regulated experiment); 2. 大田试验(Un-regulated experiment)。下同(The same as below)。

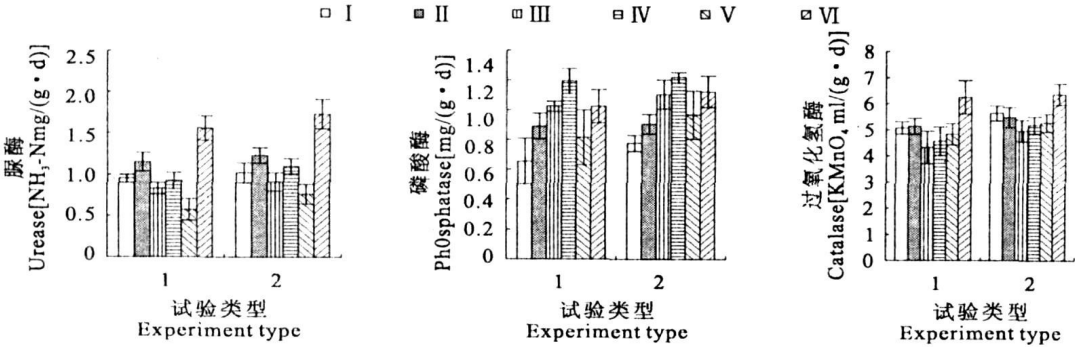


图 2 施肥对土壤酶的效应(图中垂直线代表标准差)

Table 2 Effect of application of fertilizer on soil enzyme activity·(The vertical bar shows the standard deviation)

2.4 不同施肥方案对再植苹果根系活力、生长发育的影响

从表 2 可以看出,不同施肥方案株高、新梢长度、粗度、叶面积、根活力均高于重茬土壤,其中,处理Ⅱ(500 g/株 抗重茬肥)植株效应明显高于处理Ⅰ(250 g/株 抗重茬肥)和磷肥处理,与生茬土壤差

异不显著。同时,处理Ⅰ(250 g/株 抗重茬肥)和磷肥处理,对苹果根系活力、生长发育的影响高于重茬土壤,但是低于生茬土壤,说明抗重茬肥单株施用量过低和磷肥处理对再植幼树的效应有限,因此,综合比较,施用 500 g/株抗重茬肥有利于防治苹果幼树再植障碍发生。

表 2 施肥对再植苹果幼树的生长及根活力的影响
Table 2 Effect of application of fertilizer on apple growth and root activity

处理 Treatments		株高 Plant height (cm)	新梢长度 Shoot length (cm)	新梢粗度 Shoot thickness (cm)	叶面积 Leaf area (cm ²)	根活力 Root activity (TTC)
盆栽试验 Regulated experiment	Ⅰ	93.7 b	30.2 b	0.428 a	14.61 a	50.7 a
	Ⅱ	100.2 b	34.8 b	0.524 b	18.03 b	60.4 b
	Ⅲ	85.3 a	24.1 a	0.366 a	13.29 a	48.6 a
	Ⅳ	89.5 a	31.6 b	0.408 a	15.57 a	59.9 b
	Ⅴ	83.5 a	25.2 a	0.365 a	10.73 a	51.7 a
	Ⅵ	89.9 a	33.8 b	0.508 b	18.49 b	58.9 b
大田试验 Un-regulated experiment	Ⅰ	101.5 b	41.2 c	0.659 c	18.64 b	61.7 b
	Ⅱ	138.7 c	47.6 c	0.724 c	21.63 b	68.9 b
	Ⅲ	94.8 b	35.9 b	0.517 b	14.08 a	60.5 b
	Ⅳ	117.6 b	44.1 c	0.716 c	19.64 b	66.4 b
	Ⅴ	78.4 a	22.6 a	0.351 a	11.31 a	48.6 a
	Ⅵ	113.5 b	32.8 b	0.547 b	20.69 b	61.2 b

注:同一列中不同字母者表示差异显著($P<0.05$)。
Note: Different letters in the same column mean significant difference($P<0.05$).

3 讨 论

3.1 磷肥缓解苹果再植障碍的效果及机理

本研究选择盆栽试验和大田试验,具有较好的代表性和实践性。结果表明,低水平的磷肥处理对减轻苹果再植障碍作用不明显,施用足量的磷肥在一定程度上可以缓解苹果连作障碍,但其效果有限。Utkhede 等^[17]研究报道,苹果再植障碍与重茬土壤缺乏磷元素相关,补充磷元素可以促进再植幼树根系生长,防治连作病害发生。这与本研究结果不一致。

其次,本文通过研究发现,磷肥处理对土壤养分、微生物和土壤酶活性影响表现不一。磷肥处理增加了土壤 P 含量,降低了 Ca、Zn 含量,对有机质和其它元素含量影响不大。渭北旱塬碱性石灰性土壤,P 元素容易与 Ca 元素结合形成难溶性磷酸钙盐,施用少量 P 肥,易被 Ca 结合,造成 P 元素功能作用减弱和土壤中 Ca 亏缺^[24]。并且,由于土壤中 P、Zn 元素之间存在互相拮抗的关系^[25],磷肥处理降低 Zn 含量,造成土壤 Zn 元素亏缺。果树需磷量小,以及磷素在土壤中移动性小,当年利用率低,所

以施用磷肥对缓解苹果连作障碍效果有限。施用足量的磷肥在一定程度上可以缓解苹果连作障碍,这可能与 P 元素能促进植物根系生长有关。

土壤酶在植物—土壤物质交换过程中扮演着重要的角色^[26],研究其活性对于探索植物对土壤的作用过程和机理具有重要作用。磷肥处理土壤磷酸酶活性相对较高,对脲酶和过氧化氢酶影响不明显。说明磷肥处理对土壤酶促作用有限。有些研究表明,对苹果根系造成危害的主要是一些致病真菌^[27]。高磷处理能抑制土壤真菌数量,减轻苹果再植病害。这与 Gur A 等^[18]研究结果一致。而低磷处理没有改变土壤微生物种群结构。

3.2 抗重茬肥赛众一28 缓解苹果再植障碍的效果及原因

按照产品使用说明,赛众一28 肥具有抗重茬作用,适于蔬菜、果树、大田作物;并且有报道称,赛众一28 肥在苹果上表现了很好的抗重茬效果^[28]。但在本试验中,高水平处理(500 g/株)可以明显减轻苹果再植障碍,主要表现在株高增加,新梢增长、加粗,叶面积增大,根活力提高。原因可能有以下几个方面:第一,赛众一28 肥营养成分比较全面和平衡,

施用后可补充果树生长所消耗的营养元素,平衡土壤营养供应,为果树根系创造良好的保健环境,提高根系的吸收能力和抗逆性。第二,本研究发现,赛众一28肥可以提高土壤过氧化氢酶活性。过氧化氢酶表征的是土壤“自净能力”。过氧化氢酶活性高,表明土壤解毒能力强,能够提高苹果抗根腐能力,减轻土传病害^[28]。第三,本研究发现,赛众一28肥可以提高土壤细菌、放线菌数量,降低真菌数量,造成土壤环境向着有利于细菌和放线菌增长的方向发展。有些研究表明^[29,30],苹果园连作可导致土壤中细菌的数量明显减少,真菌的数量明显增加,细菌数量较多是土壤肥力较高的一种表现。可见,赛众一28肥可以促进根际有益微生物群落大量繁殖,使作物形成良好的根际微生态环境,提高作物抗病、防病能力,使重茬作物健康生长。至于施用赛众一28肥后土壤的理化性质还会发生哪些变化,对再植果树的根系分泌物是否有影响,有待于进一步研究。

参 考 文 献:

- [1] 杨兴洪,王寿华,武修英.苹果再植病及病原线虫种的研究[J].植物病理学报,1994,24(2):165—168.
- [2] 肖宏,毛志泉,于明革,等.连作土与灭菌土对平邑甜茶幼苗生长发育的影响[J].果树学报,2004,21(4):370—372.
- [3] Xue Bingye, Yao Shengrui, Veghelyi K. Studies on replant problems of apple and peach[J]. Acta Hort, 1998, 477, 83—88.
- [4] Hoestra H. Replant diseases of apple in the Netherlands [J]. Medel'ingen Landbouwhogeschool Wageningen, 1968, 68: 101—105.
- [5] Hudska G B. Conclusions from research on replant problem with apple trees and possibilities of its control[J]. Acta Horticulture, 1988, 233, 21—24.
- [6] 杨兴洪,罗新书.果树再植问题的研究进展[J].果树科学,1991,8(4):239—244.
- [7] 贾克功.果树再植病害研究进展[C]//韩振海.中国科协第二届青年学术年会园艺学论文集.北京:北京农业大学出版社,1995:296—302.
- [8] 泷岛.防止连作障碍的措施[J].日本土壤肥料杂志,1983,(2):170—178.
- [9] Utkhede R S. Biological treatments to increase apple tree growth in replant problem soil[J]. Allelopathy Journal, 1999, 6: 63—68.
- [10] Biro B, Magyar K, Varadg Y, et al. Specific replant disease reduced by rhizo-bacteria on apple seedlings[J]. Acta Hort, 1998, 477: 75—81.

- [11] 杨兴洪,罗新书,刘润进,等.VA菌根真菌解决苹果重茬问题[J].落叶果树,1992,(4):5—7.
- [12] 刘小勇,马彦,于良祖,等.重茬苹果园土壤处理试验[J].中国果树,2005,(2):16—18.
- [13] 蒋汉林,李广华,易图永.苹果再植病防治研究进展[J].安徽农学通报,2007,(13):68—70.
- [14] 薛炳烨.克服园艺作物连作障碍的研究[D].泰安:山东农业大学,1988.
- [15] 甄文超,曹克强,胡同乐,等.作物再植病害的研究进展[J].河北农业大学学报,2001,4:98—103.
- [16] 周晓芬,杨军芳.不同施肥措施及EM菌剂对大棚黄瓜连作障碍的防治效果[J].河北农业科学,2004,(4):89—92.
- [17] Utkhede R S, Smith E M. Evaluation of mono ammonium phosphate and bacterial strains to increase tree growth and fruit yield in apple replant problem soil[J]. Plant and Soil, 1993, 157(1): 115—120.
- [18] Gur A, Luzzati J, Katan J. Alternatives for soil fumigation in combating apple replant disease [J]. Acta Hort, 1998, 477: 107—112.
- [19] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第3版.北京:中国农业出版社,1999.
- [20] 中科院南京土壤所微生物室.土壤微生物研究法[M].北京:科学出版社,1985.
- [21] 关松荫,等.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [22] 赵世杰,刘华山,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科学技术出版社,1998.
- [23] 林杰斌,陈湘,刘明德.SPSS11统计分析实务设计宝典[M].北京:中国铁道出版社,2002:230—244.
- [24] 梁东丽,李小平,赵护兵.陕西省主要土壤养分有效性的研究[J].西北农业大学学报,2000,(1):37—42.
- [25] Benson N R, Covey R P. Response of apple seedlings to Zinc fertilization and mycorrhizal inoculation¹ [J]. Hort-science, 1976, 11(3):252—253.
- [26] 周礼恺.土壤酶学[M].北京:科学出版社,1987.
- [27] Benizria S, Piuttia S, Vergerb E, et al. Replant diseases; Bacterial community structure and diversity in peach rhizosphere as determined by metabolic and genetic fingerprinting[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2005, 37: 1738—1746.
- [28] 李有法,陈守科,李广俭.“赛众一28”肥治根腐抗重茬好的肥料[J].山西果树,2007,56.
- [29] 肖宏.土壤灭菌和轮作对克服苹果连作障碍效果的研究[D].泰安:山东农业大学,2006.
- [30] Ames P A, Mai W F. Root diseases of fruit trees in New York state. VII. Costs and returns of replant soil fumigation in a replanted apple orchard [J]. Plant Disease, 1976, 60: 1054—1057.

Effects of application of fertilizer on soil and growth of the replanted apple in Weibei highland orchard

FAN Hong-ke¹, DU Zhi-hui², WU Dai-yan³, LEI Xin-le⁴

(1. Department of Horticulture, Agricultural College, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China;
2. College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
3. Shaanxi Saizhong Biological Science and Technology Co., Weinan, Shaanxi 714000;
4. Plant Protection Station of Weinan, Weinan, Shaanxi 714000, China)

Abstract: With the purpose of resolving the problem of apple replant by means of fertilizing, an experiment was carried out in a pot and field at the Baishui Apple Station of Northwest A&F University in 2006~2007 to study the effects of P fertilizer, and Saizhong—28 on the soil nutrients, microorganisms, soil saplings, root activity, plant height and leaf area of young trees. The results showed that the effects of Saizhong—28 treatments (500 g per tree) were significant in improving soil nutrients, enzyme, ameliorating soil microbial population structure, and promoting plant growth, which was similar to that in the non—continuous cropping fields. Under the treatment of Saizhong—28(250 g per tree)plus P fertilizer (500 g per tree and 1000 g per tree), the function of reducing replanted hazards were comparatively increased, and the most determined items were relatively higher than that of CK, but the effect was limited. Taking soil effect and apple growing factors into account, the apple replant problem could be resolved partly by means of Saizhong—28 treatments(500 g per tree).

Key words: apple; replant problem; fertilization effect; P fertilizer; Saizhong—28

(上接第 55 页)

[6] 冯绍元, 黄冠华, 王凤新, 等. 滴灌棉花水肥耦合效应的田间试验研究[J]. 中国农业大学学报, 1995, 3(6): 59—62.

[7] 郑 重, 马富裕, 慕自新, 等. 膜下滴灌棉花的水肥耦合效应及其模式研究[J]. 棉花学报, 2000, 12(4): 198—201.

[8] 梁 智, 周 勃, 马兴旺, 等. 滴灌施肥条件下长绒棉水肥耦合效应分析[J]. 中国棉花, 2004, 31(8): 6—7.

[9] 胡顺军, 田长彦, 王 方, 等. 膜下滴灌棉花水肥耦合效应研究初报[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(2): 192—195.

[10] 冯耀祖, 张 炎, 马海刚, 等. 地面灌溉条件下中长绒陆地棉的水肥耦合效应[J]. 中国农学通报, 2007, 23(4): 445—448.

[11] 杨金钰, 马兴旺, 牛新湘, 等. 南疆灌淤土区冬小麦水肥耦合效应研究[J]. 新疆农业科学, 2007, 44(S1): 175—178.

Yield effects of water-fertilizer coupling on high-yield cotton under surface irrigation

NIU Xin-xiang¹, XU Yong-mei¹, MA Xing-wang¹, YANG Tao¹, WANG Bin¹, GUO Yong²

(1. Institute of Soil and Fertilizer Research, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China;
2. College of Resources and Environment, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: Based on the design of “3414”, with the cotton variety of Zhongmian No. 43 as test material in Shaya County, the coupling effects of water and chemical N, P fertilizers and water on cotton yield were studied, and a regressive mathematical model was set up based on the cotton yield by quadratic regression analysis. The results showed that all test coupling levels of water and chemical fertilizers had significant effects on cotton yield. The yield-increasing effect of test factors was in the order of P application rate > irrigation amount > N application rate, while the coupling effect of water and chemical fertilizers was in the sequence of N and P > N and water > P and water. For cotton yield, the optimum irrigation amount and application rates of chemical fertilizers were 545.55 kg/hm² of N and 199.8 kg/hm² of P and 6429.3 m³/hm² of water.

Key words: cotton; surface irrigation; coupling of water and fertilizer; yield